

探究的な学習活動を通して理科好きな生徒の育成

－生徒主体の授業づくりを中心に－

中 等 教 育 研 究 部
星城中学校教諭 近 藤 英 章

はじめに

1. 生徒主体の授業づくり

1-1. 授業計画と授業実践のずれ

1-1-1. 生徒の考えを生かしたか

1-1-2. 考察

1-2. 脱却への足がかり

1-2-1. 実体験を伴わない知識の打破

1-2-2. 考察

2. 探究的な学習への挑戦

2-1. 教師に対する生徒の指摘

2-1-1. プレートと水深の浅いと深い

2-1-2. 生徒の鋭い指摘

2-1-3. 考察

2-2. 話し合いの論点の焦点化

2-2-1. 生徒の関わり合い

2-2-2. 考察

終わりに

はじめに

星城中学校では平成14年度から平成19年度まで「認めて伸ばす授業」をテーマに研究授業が行われており、反省会が行われていた。私も平成14年度と平成16年度に研究授業を行った。平成14年度は教科書教材にない「原子とイオン」を扱い、その中の導入の1時間を研究授業として設定した。星城中学校では理科の授業数も多く、外部に星城中学校の特徴を見せるチャンスでもあると思い、実施した。しかし、参観者からは教師が一方的に教えている、生徒自らが考える機会がないという指摘をいただいた。そこで、平成16年度に「音の世界」の導入の1時間を研究授業として外部

にも公開した。実験を生徒が行ったりしたが、まだ、教師のルールの上を生徒が走らされているという高評をいただいた。どのような授業が中学校の理科の授業としてあるべき姿なのかわからないまま、年月が過ぎていった。

そして、昨年度、私はちょうど教員免許の更新の年であった。その講義の中で新学習指導要領の話があった。新学習指導要領では、「言語活動の充実」¹がうたわれており、さらに理科においては「探究的な学習活動」²が重視されていた。私は、はっとさせられた。自分の授業と新学習指導要領で求められている授業にずれがあったからである。

なぜならば、今までの教師としての自分の授業を振り返ってみると、授業内容は講義やドリルを中心とするもので、知識注入型の授業であった。実験や観察はもちろん、やっていたが、どちらかというと補助的なもので、教師主体の授業だった。教科書を教えるから、教科書で教える探究的な活動を中心とした授業に変えて、理科好きの生徒をつくることに取り組んだ。ここでいう理科好きの生徒とは自然現象の不思議や疑問に関して、仮説を立て、実験・観察を通して、現象を分析する。そして、解釈することができる生徒と定義した。探求的な学習活動とは「調べる」（ただ単に本やインターネットで調べるだけではなく、自然現象に対して五感を使って調べる）を基本とし、観察・実験の結果を整理し、考察したり、科学的な概念を使用して考えたり、説明したりする活動とした。

本実践研究では探究的な学習を導入することによって、自然現象に対して意欲的に取り組む生徒が育成され、理科好きの生徒が育つことを目的とする。

1. 生徒主体の授業づくり

1-1. 授業計画と授業実践のずれ

私の今までの授業では教師がほとんど話し、生徒は受け身となっていた。生徒に活動させることも考えていなかった。生徒から質問を受けたときに答え、それに関連したことまで答えていた。今日習ったことがこんなところにも関連しているんだと知ることで終わっていた。

しかし、新学習指導要領に照らし合わせてみて、今年度は教師が生徒の活動がスムーズにいくように生徒の話し合いを交通整理したり、その話し合いの板書をする。そして、生徒が自然現象に興味を持ち、そして、疑問を持ち、調べたくなるような生徒主体の授業を試みることにした。

5月実践では「音の世界」を扱った。生徒の多くは、身のまわりの事象にはあまり関心を示さず、物質に直接触れたり、その性質や変化を調べたりする体験も比較的少なくなっている。また、日常生活では、音声・映像機器などを無意識に、しかもたくみに使用しながら、音の性質やはたらきなどについての正しい知識はあまりないと思われる。生徒は発音体が振動していることにより音が出ることを日常生活で理解しているが、具体的にどのように振動しているのかまでは把握していないと思われる。

上記のことから、この単元の授業を展開するにあたっては、まず、日常生活と関わりが深く、五感で直接体験が可能な自然現象を取り上げる。音に関する実験を通して、規則性を見いだす意欲や、身のまわりの現象と関連づけて調べようとする主体的な態度を身につけられるようにした。生徒は自然現象に直接触れ、そこで感じた疑問を解決するために仮説を立てて、生徒自身で実験方法を考える。このように生徒が探究的な学習で自然現象にアプローチできるような計画を立てた。図1に従来の私の授業スタイルと今後目指す授業スタイルの違いをまとめた。

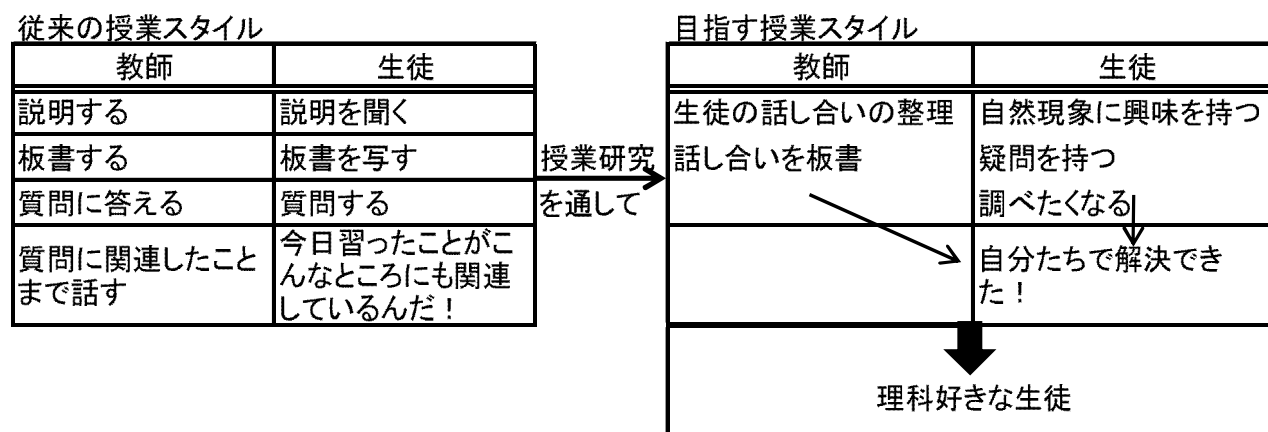


図1 従来のスタイルと目指すスタイル

5月実践では6時間完了で「音の世界」の研究授業を以下の通り、行った。

- | | |
|-----|----------------------|
| 第1時 | 発音体の振動、音の大小 |
| 第2時 | 音の高低 |
| 第3時 | 空気の振動によって音が伝わることを調べる |
| 第4時 | 音の速さを測る実験計画 |
| 第5時 | 外で音の速さを測定 |
| 第6時 | 前時に行った実験の分析 |

5月実践では指導案を作成する段階では、今後目指す授業スタイルを考えていたが、いざ、授業をやってみるとなかなか計画通りにいかなかった。指導案の段階では生徒の考えた実験方法を行わせる予定だったが、予定通りいかなかった事実を基に分析してみたい。

1-1-1. 生徒の考えを生かせたか

第3時には空気の振動によって音が伝わることを確認する実験方法を各班で考え、その実験をクラス全員の前で行うという授業を行った。この時間に5つの実験が発表された。その実験を授業中に発表した順で以下に示した。

4班 真空ポンプ

- 1班 サランラップの上に食塩を置き、声を出す。
 2班 音叉の共鳴。
 8班 1つの音叉を水の中に入れ、音叉を鳴らし、水の中に入れる。
 2班 音叉を鳴らし、水面に近づける。
 5班 糸電話

教師が強引に生徒をルールに乗せてしまった下線の8班と2班の音叉の実験に注目する。生徒に実験をさせる前の教師の想定は、音叉を鳴らし、水面につける、すると水面に波紋ができる。水面を空気に見立てて、水面が揺れているということは、空気も揺れているだろうというものであった。

教師はこの実験が行われる前の机間巡視で、YYさんが音叉と水のことを話していたので、教師の期待する実験をするだろうということで、YYさんの班を発表させた。これがそのときの授業記録である。

YY189 水を空気に見立てて、水の中に音叉をつけて音叉を2つ水の中に入れ。片方の音叉を鳴らして、あの一、それがもう片方の音叉にも伝わったら…。

T190 はいー。うん、わかった。はい、それでは今の意見ね。〔教師が生徒の発表を遮る〕

授業分析した上で、以下のようなことがわかった。生徒の意図するところはいくみ取らず、自分のルールに導こうとしていることが読み取れる。教師は水面につけるだろうと考えていたが、YYさんのやろうとしたことは、水中で音叉を鳴らすことであった。教師の期待する実験とYYさんのやろうとした実験の比較を表1にまとめた。なお、下線は相違点を表している。

表1 教師の実験とYYさんの実験の比較

教師の期待する実験	YYさんのやろうとした実験
水を空気に見立てる	水を空気に見立てる
<u>水面につける</u>	<u>水中で鳴らす</u>
波紋ができる	…

表中の「…」はYYさんの意見を教師が聞かず、今となってはわからないので、このように示した。その後、教師はYYさんのやろうとする実験が、期待する実験でないことに気づいた。YYさんは音叉のひとつを水の入った水槽に入れ、もうひとつの音叉を鳴らし、水槽に入れた。そのとき、水槽

の底につけてしまい、音があまり鳴らなかったときの授業記録である。

- SR201 あの一、底につけたら音が止まると思うんですけど。
T202 音が止まるんじゃないか。止まっちゃった。はい、ありがとう。
YY203 でも、まだ、鳴らしてませんよ。
T204 うん、ちょっといいよ。はい、いいよ。一回〔自席に帰って〕
ありがとう。はいーでは、いいよ、はい、ありがとう。

教師はYYさんが音叉を2つも使い、そのうちのひとつを水の入った水槽に入れてしまうことに内心、困惑していた。T202で、「はい、ありがとう」とYYさんに言葉の上では、感謝の意を表しているが、実際は、教師の期待する実験とは違うので、YYさんの意見を聞こうとしない「はい、ありがとう」であったことが授業記録から明らかになった。教師はYYさんの実験が教師の期待する実験ではなかったので、取り上げなかった(1-1-2. 考察 5月実践第3時の指導案を参照)。

そこで、教師は自分の期待する実験ををすると思われたKM君の班を指名して、クラス全員の前で実験をさせた。これがそのときの授業記録である。

- KM205 えーと、YYさんとだいたい同じで、音叉を鳴らして、そのとき、近づけて振動したら…、振動が見えると思います。〔KD君は音叉を水につけてしまう。〕
KM206 つけちゃ、意味ねーよ。
T207 いや、でも、今、つけたら波紋が立ったぞ。いいよ、もう一回やって。はい、いいよ。つけばいいって。

表2 教師の実験とKM君の実験の比較

教師の期待する実験	KM君のやろうとした実験
水を空気に見立てる	音叉と水面の間にあるのは空気なので、空気が音を伝えた。
水面に <u>つける</u>	水面に <u>つけない</u>
波紋ができる	波紋ができる



実験をするKM君とKD君



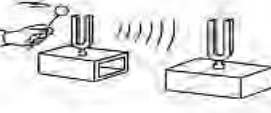
教師は音を鳴らした音叉を水面につけると期待していたが、KM君のやった実験は音を鳴らした音叉を水面に近づけるだけだった。KM君は水面がゆれれば、音叉と水面の間にある空気が音を伝えたことを証明できると考えたのである。教師の期待する実験とKM君のやろうとした実験の比較を表2

にまとめた。なお、下線は相違点を表している。しかも、教師はT207で今までだれも使っていない「波紋」という言葉を発して、自分の意図する方向へ導こうとし、音叉を水につけさせようとしている。KM206にあるように、彼にとって音叉を水面につけることはまさに、「つけちゃ、意味ねーよ。」なのに。

これら、2つの実践例から、結局、教師は生徒の考えを生かそうと考えながら、実際の授業では生徒の考えを生かせなかったのである。

1-1-2. 考察

では、なぜ、教師は生徒の考えを生かせなかったのかを分析してみたい。5月実践第3時の指導案を示す。

<p>実験</p> <p>・ 家から道具を持ってきた班が優先で教卓に出て実験する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><予想される生徒の実験></p> <p>①ペットボトルに小球を入れ、声を出す。</p> <p>②口の前に紙を置き、声を出す。</p> <p>③容器の中にブザーを入れ、真空ポンプで空気を抜く。(4班)</p> <p>④音を共鳴させる。(2班)</p> </div> <p>・ 発表に対して、質問や反論をする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><予想される生徒の質問や反論></p> <p>①の実験に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 小球が動いていません。 <p>②の実験に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 紙は振動していますが、空気の振動は見えません。 ・ 息で振動しているのではないですか。 <p>③の実験に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 音が少し小さくなっているだけじゃないですか。 ・ 机から振動が伝わったんじゃないですか。 </div> <p>④の実験に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 空気そのものの振動は見られません。 <p>・ 今からグループで何を話し合うかを再確認する。</p>	<p>・ 実験道具を持ってきた班を優先で発表させる。</p> <p>①ペットボトルの実験</p>  <p>②口の前に紙を置き、声を出す。</p> <p>③真空ポンプの実験</p>  <p>④音の共鳴</p>  <p>・ 質疑応答の時間を取る。</p> <p>・ 生徒はクラス全体に発表するように指導する。</p> <p>・ 生徒の発表が終わったら、そのまま「○君の考え、どう思う？」と質問し、全体に広げる。</p> <p>・ 教師は生徒の発表を肯定的に受け止める。(生徒の「それでいいの？」という発言を生み出させる。)</p> <p>・ 生徒の質問や反論を板書する。</p> <p>「なかなかうまく振動を見ることはできませんね。」</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>音を使って少しでも振動を見る方法を各グループで考えてみてください。」</p> </div> <p>15 マグネット板「音さで少しでも振動が振動が見られる方法を考えよう。」</p>
---	---

教師は学習指導案作成の段階で、生徒がどんな実験を発表しようとも、最終的には「音叉を使って少しでも振動を見る方法を各グループで考えよう。」という学習課題にもっていこうとしていた。だから、YYさんが音叉2つを使い、片方の音叉は水に入れておき、もう片方の音叉を鳴らして、水中に入れると自分の計画が狂ってしまうと考え、「はい、ありがとう。」と感謝の言葉を言っているようで、実は、YYさんの言葉「でも、まだ、鳴らしてませんよ。」を耳にしながらもYYさんの実験をやめさせ、席に帰している。教師の生徒との関わり合いがうまくいかなかったからである。なぜならば、指導案では「音叉を使って少しでも振動を見る方法を各グループで考えてみてください。」という学習課題を提示するのは授業開始15分と計画されていた。授業記録を見ると、この学習課題が提示されたのが、授業開始25分だった。予定よりも10分遅れている。教師はこの10分の遅れを気にしていた。YYさんが前に出てきて、教師がYYさんを席に戻すのに約4分時間が経過していた。私が授業記録を作成したとき、T204に「一回」の後に「自席に帰って」と補っていた。授業記録の作成時はただ単に日本語の意味が通じるようにと入れたのであったが、今、振り返ると、約4分も時間が経過しながら、YYさんが教師の想定した実験に近づけないので、我慢できず、席に帰したという教師の気持ちが表れているのではないかと思われる。

KM君の実験では教師は鳴っている音叉を水面につけることを期待していたが、KM君は音叉を水につけないことに教師は気づいた。KM君にこのまま実験をやらせてしまったら、彼は最後に何を言い出すのだろうと不安を覚えたので、「波紋」という言葉を使い、何とか教師の計画した方向へ導こうとしていたことが窺われる。その後、教師はKM君に音の鳴っている音叉をつけさせた。すると、水しぶきが飛び散った。生徒から歓声が上がった。以下が前述のT207以降の授業記録である。以下はP.45の授業記録T207の続きである。

〔今度はKD君が一人で実験する。KD君はKM君の意図した通りに、水面に近づけるだけだったが、教師が水面につけるよう、促している。〕

〔もう一度やる。音叉を水面につけるように教師が誘導する。〕

はい、今、はい、説明して。

〔音叉を水につけると、机にこぼれるほど、水が跳ね上がる。〕

〔生徒から歓声上がる。〕

いいよ、じゃあ、見に来い。

〔大部分の生徒が前に出てくる。〕

〔またも、水が跳ね上がり、生徒から歓声上がる。〕

すごい。すごいな。よし、OK。おー、すごい。すごい。よし、OK、ありがとう。ごめんな。後でやってな。では、いったん戻ってください。後で、見せたるわ。

〔KM 君はもっとやりたそうだったが、教師が席に戻るよう促す。〕

〔生徒たちが席に戻る。〕

生徒は波紋が立ったことに歓声をあげているのではなく、水が飛び散ったことに歓声を上げている。結局、教師はKM 君に音の鳴っている音叉を無理矢理、水面につけさせ、さらに、波紋ができたのだれも発言していないのに、波紋が立ったと実験を終わらせている。KM 君はもっとやりたそうだったが、教師が席に戻るように促している。ここからも、教師の生徒との関わり合いがうまくいかず、生徒の考えを生かしきれなかったことがわかる。

1-2. 脱却への足がかり

前述の1-1. の5月実践の反省を生かし、もっと、生徒が考える場をつくるために、11月実践では生徒が常識的に考えればわかるが、実は、生徒が想像したような結果にならないというような現象を体験させることにした。このようにすれば、生徒が「あれ、おかしいぞ?」と自分の問題として実験に取り組むことができると予想したからである。

11月実践では4時間完了で「水溶液の性質」の研究授業を以下の通り、行った。

- | | |
|-----|----------------------------|
| 第1時 | 水溶液の性質（透明性、均一性）を見いだす。 |
| 第2時 | 水溶液にとけている溶質を実験を通して特定する。 |
| 第3時 | 加熱して水溶液から溶質を取り出し、特定する。 |
| 第4時 | 水溶液を冷やし、溶質を取り出す方法を考え、実験する。 |

1-2-1. 実体験を伴わない知識の打破

第4時には砂糖水から砂糖を取り出す実験を行った。今までの私なら温度による溶解度の差が大きい硝酸カリウム水溶液を使っていた。（右図参照）³お湯に硝酸カリウムを溶かして、それを冷やすと硝酸カリウムの結晶が得られる。試験管に幾何学的な模様の結晶ができるのを生徒に見せ、その自然現象を見せるだけで、満足していた。生徒たちは実体験を伴わない知識のレベルで砂糖水を冷やせば、砂糖の結晶が取り出せるだろうと予想していた。これがKN 君の班の授業記録である。

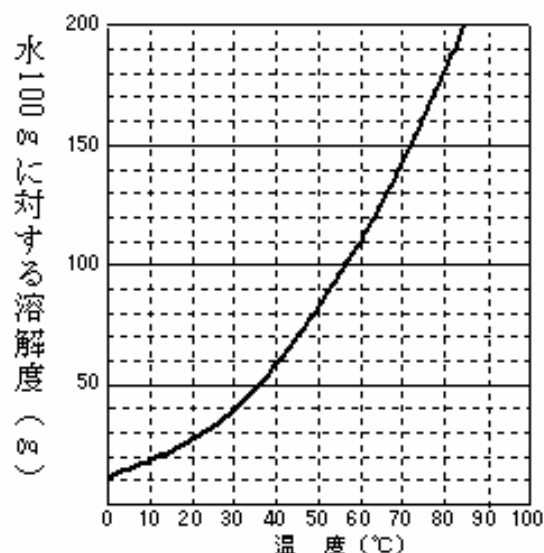


図2 硝酸カリウムの溶解度曲線

- A104 まず、1、何？冷やす？
KN105 冷やす。
W106 氷で冷やす。これは、確か、教科書に載っていると思うんだけどな。
S107 これが？
KN108 中学受験しているならば、多分、これくらいならわかると思うよ。

KN 君はKN108 の発言から実体験が伴わない言葉のレベルでの知識を利用して、冷やせばよいと考えていることがわかる。そして、KN 君の班では氷水で砂糖水を冷やしていたが、彼の予想した通りには砂糖の結晶は得られなかった。

その後、クラス全体で各班の発表が行われた。砂糖水を冷やしても砂糖の結晶が取り出せないことがわかった。その後、どのような方法で取り出すのかを再び班で話し合った。KN 君は以前どこかでミョウバンの水溶液に糸を吊して、ミョウバンの結晶を取り出す実験をしたことがあったようであるが、砂糖の場合は違うのではと悩んでいた。以下はKN 君の班の授業記録である。



KN 君の班の実験のようす

11 月実践第 4 時の授業記録

- KN521 これ、おれ、実際、まったく自信ない方法だけどいい？あの一、そういうさあ、
W522 KK、聞いているか。
KN523 あの一、これに、あの一、まず、全部落ちてから、てか、できるだけ多い状態で、
あの一、同じで、その状態に、あの一、糸を垂らす、できるだけ高い濃度の水溶液
に、糸を垂らして、それを垂らしながら、温度を下げっていく。
A524 垂らしながら、何？
KN525 温度を下げっていく。

このように班で話し合いが進み、実験方法が班でまとまった。全体の話し合いの中でKN 君はSM 君の冷やすという意見を補足して実験方法を発表した。砂糖水も再結晶できると思っていたところから、話し合いによって、実験方法を自ら考えることができた。理科室で約2 週間放置し、見事砂糖の結晶を取り出すことができた。生徒たちは自分たちの考えた方法で見事、砂糖の結晶を取り出すことができ、析出した砂糖の結晶を欲しがる生徒も出てきた。

1-2-2. 考察

このように11月実践では実体験を伴わない知識が当てにならない体験をさせた。そこから、生徒たちが話し合いによって実験方法を考え、目的を達成するという手法をとった。生徒に考える場をつくることができたかを、クラスの中でも特に抽出生徒4名の記述で分析してみたい。指導案の抽出生徒の説明では以下のような記述になっている。

KN 君

前期委員長を務めていた。塾での知識を鵜呑みしたり、言葉を覚えるだけの学習になる傾向を持っていた。11月実践では単なる丸暗記ではいけないことを実感させたい。クラス全体で話し合いをするときに、KN 君の意見を聞き、他の生徒の質問に答えさせたりすることによって、現象から考えられるようにしていきたい。相手としてはTY さんが最適と考え、今回はKN 君とTY さんを同じ班にし、班内の話し合いでも二人が意見交換できるようにする。

SM 君

実験グループの他の生徒とうまくコミュニケーションが取れていない。5月頃までは気に入らないと不機嫌になって理科室から出て行くこともあった。しかし、その後、彼は授業前の実験の準備や授業後の実験の後片付けを積極的にできるようになる。

他の生徒の意見をSM 君が立証するような機会や、逆に他の生徒がSM 君の意見を立証するような機会をつくれるようにしていく。11月実践では、A さんと同じ班にした。SM 君が言った意見をA さんが整理したり、A さんが彼に質問したりして話し合いを活性化させる。

A さん

几帳面で責任感が強い性格である。話し合った内容をノートにまとめることは得意であるが、積極的に意見を出すことはまだできていない。5月実践で、音の速さを測定する実験方法を考えたときは、実験方法を図と文章で第三者が見てもすぐに内容がわかるようにまとめた。次の時間に教師がそれを紹介する方法を取った。

11月実践ではSM 君と同じ班にし、SM 君の意見を聞き、SM 君に質問や反論をしながら、現象を理解する場面を作っていきたい。

TY さん

理科が嫌いと言言していたが、生活に根付いた発想を持っている。しかし、グループ内の話し合いの場面では「まあ、これでいいよ。」と妥協する点が見られる。また、TY さんとは違う意見の生徒と話し合いをさせると、何とか自分の論理で説明しようとする。11月実践ではTY さんとKN 君を同じ班にし、班内の話し合いでも二人の意見交換ができるようにしたい。

第4時の最後に「第4時までの水溶液の授業で学んだこと、意欲的に取り組んだこと」を書かせた。生徒36名中12名が砂糖水から砂糖を取り出す実験のことを記述している。抽出生徒4名の生徒の記述を以下に示す。

	水溶液の授業で学んだこと	水溶液の授業で意欲的に取り組んだこと
KN 君	他の水溶液と違い、砂糖水は冷やしてろ過するという方法ではできない。	実験、意見出し。元から高温の砂糖水のビーカーに糸を垂らして、そのビーカーをお湯につけて（温度を下げにくくする）待つ。
SM 君	特になし。	なし。
A さん	・砂糖水は「冷やしてろ過」の方法ではできない。・砂糖水は蒸発させると茶色くなる。・とけている物質を「溶質」という。・炭酸水を取り出す方法は「水上置換」という。・溶質を取り出すには蒸発させれば良い。	実験結果をノートにまとめること。
TY さん	・水溶液は色がついていても透明であれば、水溶液であること。・砂糖はなかなか取り出せない。気体の集め方がよく分からなかったが、図を見たら分かるようになってきた。	・実験をすることをがんばった。・発言もたくさんしようとした。・ノートも図などを入れて、きれいに書くようにした。

以上の4人の記述から分析してみると、KN君は指導案であったように、言葉を鵜呑みにする傾向（実体験を伴わない知識を信じる傾向）を持っている。この実験では真っ先に砂糖水を冷やすという方法を思いついた。しかし、予定した通りには砂糖の結晶は得られなかった。授業記録を見ると、KN264「もうちょっと、もうちょっと、冷やしたかった。おれ的に。」と冷やせば結晶が得られるはずなのに、おかしいぞと思っている。その後、グループで話し合っ、実験方法を考えた。KN君の記述にはこの砂糖水から砂糖を取り出す実験のことが書かれており、意欲的に取り組んだこととして、「実験、意見出し」と書かれている（KN君の記述）。この記述から実体験に基づかない知識が打ち破られ、今、解決しなければならない目の前の問題として取り組めたということが推測できる。

SM君はプリントに感想を書かせてもほとんど、書こうとしない。今回も記述がなかった。授業者の観察からすると、SM君はクラス全体での発表はできるが、ノートに自分の考えを書くことが苦手ということがわかった。SM君が唯一記入したのが、5月実践で音の速さを測定する実験についてであった。この実験ではSM君が発言したピストルの音を鳴らすことが採用され、彼のアイディアでクラス全体が動いたのである。このように彼の考えが実験に生かされたときは自分の感想を書くよう

である。

A さんに関しては SM 君と同じグループにして、SM 君に質問したり、反論することによって考える機会を増やそうとしたが、かみ合うことがほとんどなかった。A さんの意欲的に取り組んだことの記述ではもともと得意だった実験結果をノートにまとめることしか書かれていない。授業記録から見ると、教師が A さんと S 君が話し合いにおいて、かみ合うと理解していたが、その理解が不十分であることがわかった。

TY さんは指導案であったように教科書に書いてあるから、まあ、これでいいよと妥協する点が見られたが、11 月実践では「砂糖はなかなか取り出せない。」と記述している (TY さんの記述)。授業者の観察の目からも砂糖水から砂糖をとりだすことが印象に残っていることが窺われる。TY さんの記述には「実験すること、発言することをがんばった」とある。この記述から、妥協するのではなく、実験方法を考えるという点で進歩があったのではないかと考えられる。

2. 探究的な学習への挑戦

2-1. 教師に対する生徒の指摘

探究的な学習の中でも重要な部分を占めている生徒同士の話し合いの活性化を試みた。生徒が探究的な学習をしだすためには、まず、「なぜ、そうなるのだろうか？」という疑問がわかなければならない。そして、その疑問を解決するために、生徒が仮説を立てたり、実験を計画したりすると、生徒同士の話し合いの場が生まれると思う。

5 月実践では生徒同士の話し合いはほとんどなく、生徒は教師に向けて発表していた。9 月実践で、教師の発言数をできるだけ減らし、何か質問が出たら、他の生徒に振るということを試みた。

9 月実践「ゆれる大地」を行った。教材として、平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震によって発生した津波を扱った。沿岸部では津波で大きな被害を受けた。生徒たちはニュースなどで津波の恐ろしさを知っている。津波の動画や写真を生徒に提示し、そこから「どのような地震のときに津波が起こるか」という学習課題を設定し、単元を通した課題とした。この課題を考えると、ろから、震源の求め方、地震の大きさ、プレートの動きなどを探れるよう、この単元の計画を立てた。さらに、1 時間、1 時間が細切れにならないよう、生徒の疑問がそのまま次の授業につながるように工夫した。

第1時 津波の起きる地震と津波の起きない地震との違いを推論する。

第2時 地震との関連で地球表層のプレートの動きをとらえる。

第3時 津波を起こす地震の特徴を考える。

第4時 津波が起こりやすい地震を考えることから地震に関する興味を深める。

生徒同士の話し合いができたが、教師が生徒の話し合いに対応できなかった実践例を2つ挙げる。

2-1-1. プレートと水深の浅いと深い

9月実践第2時の記録である。どのような地震のときに津波が起きるかを話し合っている。

SR94 えーと、水面に、水面に底が近い。水深が浅い。

T95 ということ？ということな。はい、SR君が、はい、はい、他に質問のある人？
はい、KM君。

KM96 えーと、プレートは1枚1枚その一、深さが違うんですか。

SR97 そのようです。

T98 そのようです。(笑) はい、なるほどね。はい、TYさん。はい、じゃあ、他に。まず、これ一回ちょっと、浅ければということだな、SR君の言ってくれたことに何か、水深が浅い、海面から深いときらしいんだけど、何で津波が起きるんだ。

〔沈黙〕

止まっちゃったな。じゃあ、AS君、ありがとう。

TY99 あの一、水面に近いから、

T100 じゃあ、TYさん。

TY101 水面に近い。

T102 だそうです。はい、KN君。はい、どうぞ。

KN103 あー、プレート、プレートがあの一、浅いというのはつまりプレートが何かその、プレートが浅いというのはつまりあれですか？あの一、プレートがもぐる深さですか。それだったら、あの一、プレートが浅いと逆に津波が小さくおきにくくなる。

T104 はい、だそうです。これと真っ向反対だな。どっちだ？ぼくもわからん。どっちだ？

KM105 違うでしょ、これ。

T106 浅い方が起きる？深い方が起きる？どっちだ？よし、じゃあ、多数決とろう。

生徒たちは浅いと深いとを異なる状況理解で、話し合いをしていたのであるが、教師はそれに気づいていなかったことがわかる。T104 の「これ」は SR 君の発言を意図している。教師は生徒の発言の意図をくみ取らず、形容詞「浅い」・「深い」を聞いただけで、SR 君と KN 君の意見は真っ向反対意見だと勘違いしている。

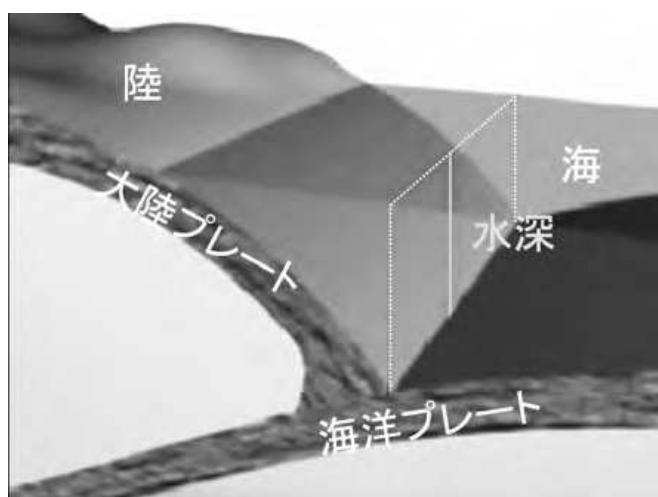


図3 SR君の状況理解⁴

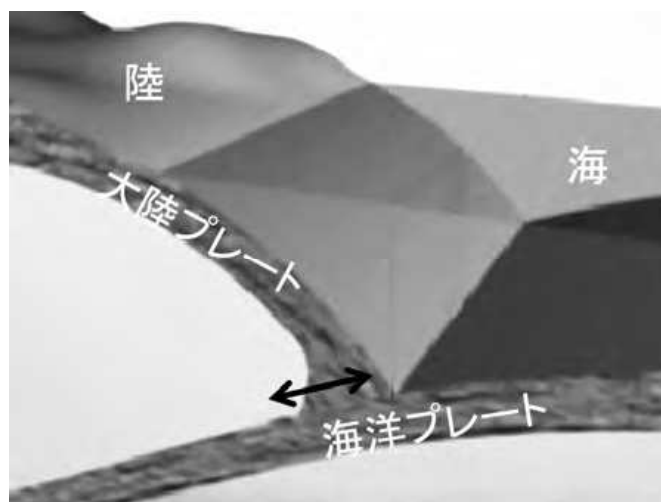


図4 KN君の状況理解⁵

ここで2人の状況理解を整理する。SR君は大陸プレートと海洋プレートの接点から海水面までの深さ、つまり水深が浅いのか、深いのかを意図している。水深が浅いと、震源での揺れが水面の表面まで伝わりやすく、津波が起きやすい。水深が深いと水面に伝わるまでに揺れが弱くなってしまい、津波は起きにくいという状況理解である（図3を参照）。

それに対して、KN君は海洋プレートが大陸プレートの下にもぐるときに、大陸プレートが沈み込んでしまう。その沈み込み方が浅いのか、深いのかを意図している。この沈み込み方が深い方が跳ね上がる威力があるので、津波が起きやすいという状況理解である（図4を参照）。

T106「浅い方が起きる？深い方が起きる？どっちだ？よし、じゃあ、多数決とろう。」で、教師は津波が起きやすいのは浅い方がいいのか、深い方がいいのかと生徒に聞いている。その結果は浅いが6名、深いが17名、挙手しなかった生徒が17名であった。挙手しなかった17名は浅い、深いが2つの意味に使われていたので、挙手できなかった生徒もいたのではないかと推測できる。

T126 ああ、いいよ。どうぞ。ちょっと、大きい声でみんなに聞こえるように。

U127 えーと、津波というのは、波と違って 高いと、…長い間、その波が、あー、やっぱいいです。

T128 はい、じゃあ、また、整理できたらお願い。

その後、教師も含め、生徒全員が状況理解の違う浅いと深いという言葉を使って話し合いが進んでいる。U君がU127で浅いと深いが異なった状況理解されていることに疑問を持ち始めている。それに対して、教師は考え方の違う浅い・深いという言葉が使われていることに気づいていないので、T128ではU君の意見を重要視していない。

授業開始25分頃、教師はやっと浅いと深いが異なった状況理解されていることに気づいた。

KZ160 はい。あの一、あのその、プレートって、あの一、こんにやくにたとえられるんですか。たとえられるんだったら、水圧とか、それ、その勢いで。

TY161 何か、近いかなと思った。ぽっと出てきたのはこんにやくだったんです。

KZ162 ああ一、はい。

T163 あ、ちなみにどこで地震が起こっている？ちょっと、震源って。

TY164 このへん。

教師は何とか学習課題にかみあうようにしようと考え、T163で「震源」という言葉を使い、何とか話し合いをSR君の状況理解の水深が浅い・深いに話を持っていこうとしている。

U179 先生に、先生に質問したいんですけど、これは浅いっていうのは水面から浅いのか、プレートの沈んでいる。あの一、曲がりが少ないということ？どっちなんですか。

T180 ああ、なるほど。浅いというのは、U君のを整理すると、こ一、なんか、ここのことを言っているのか、それとも、何て言った？ちょっと、前に来て説明して。

U君がU179でやっと浅いと深いが異なった状況理解されていることを指摘する。

T193 はい、ということで、整理するぞ。あのね、プレ、今までの議論だと何かな、プレートが深くびよよよん、ぱんというのと、プレートがびよ、ぱん。というこの浅い深いで話をしていた人もいたんだけど、AS君の真意としては、どれくらい深いか。ていうことでいいかな。ね、わかった。ということで、もう一回話をもういっぺん、これじゃなくて、これ、どれ、水面からどれだけ深いか浅いかで考えましょう。いいかな。あ一、ごめんごめん。じゃあ、TYさん、じゃあありがとう。いったん、戻ってもらって。じゃあ、さっき、アンケートを採ったんだけどちょっともう一回取り直します。はい、みんな聞いて。あのね、今から聞、聞くことは、プレートの位置、つまり、これって何だった？

震源で良かった？えー、AS君、これー、この位置で良かった？この位置で良かった？どれくらい深いかで良かった？

教師はT193で浅い・深いが異なった状況理解されていたものをやっここで整理し、SR君の意図していた浅いと深いに合わせる。すでに、授業開始から約30分も経過していた。

しかし、このとき、板書をせず、口頭での説明に終わってしまった。教師の発言で生徒は理解できたのであろうか。この授業記録をもう一度読んで、教師は水深の浅い、深いとプレートの沈み込み方の浅い、深いに関して黒板を使って、以下の板書例のように違いをはっきりさせるべきだったのではないかと思う（図5を参照）。



図5 浅いと深いの違いがわかる板書例

2-1-2. 生徒の鋭い指摘

11月実践の第1時では5種類の液体（砂糖水、食塩水、炭酸水、具のないみそ汁、カルピスウォーター）を生徒に渡し、水溶液はどれかを選ばせた。そして、そこから水溶液の性質、均一性や透明性を生徒同士の話し合いを通して考えられるようにした。そのときの授業記録を以下に示す。

11月実践第1時の授業記録

- U542 先生、透明ってどういうことですか。
- T543 透明って何かだって。
- U544 ど、どういう水溶液？
- KN545 うーん、何て言うんだろう。まあ、無色というか、何て言うのかな。
- T546 はい、ありがとう。透明って何だ？KN君、困っちゃった。何か、だれか、助けてくれ。
- SM547 はい。

T548 透明って何だ？ああ、違う？ごめん、KN 君。
 KN549 光を通す。完全に通す色って言うんでしょうか。
 T550 で、どう？KM 君。
 KM551 えっと一、光を完全に通した見えなくなった、
 KN552 だから、そういう透明なものっていうか、ふ、普通に見えるというもの、だから、見えないっていうのが、何て言うんだろう。そういう、完全についていうのは、言い過ぎかも知れないけど、普通に言えるのは、確実に光を通す、通しやすいというものであれば、まあ、透明に近いと言っていいと思います。
 T553 じゃあ、ちょっと、休憩。じゃ、SM 君。
 SM554 まあ、透明は、後ろがこう、どっかが、後ろが何かどっか、…、向きが変わってもいいから、とにかく、透ける。後ろが見えればいい。

最初は5つの液体の中のどれが水溶液かについて生徒同士の話し合いが進んでいたが、話し合いが「透明」とは何か変わってしまった。しかし、教師は生徒たちの発言を喜び、生徒の発言に聞き惚れてしまっていた。教師が生徒の発言を板書しなかったために、

- ・色がついているのは水溶液なのか？
- ・色がついていても透明ならば水溶液なのか？
- ・そもそも「透明」とはどういうことなのか。

など、話し合うテーマの焦点がぼけてしまっていた。

KZ637 はい、えっと一、あの今言った、あの一、意見なんです、あの一、まあ、黒板に書いて、それがみんながそれだと思うかを。
 T638 あ、そうしょっか。
 KZ639 そうしないと終わらない。
 T640 そうだな。よし。はい、いったん、静かにしてくれ。はい、前、向いてくれる。はい、今、KZ 君の提案で、あの一、黒板で意見を整理してね、しないとね、いつまでも話し合いが終わらないじゃないかということですね。

このように生徒から板書しないと話し合いが進まないという発言が出た。教師は生徒の質問の意図をくみ取り、ときには交通整理をし、ときには意見の補足をして話し合いが学習課題にかみ合うように調整しなければならない。この授業記録をもう一度読んで、教師は以下の板書例のように今、何が話されているかがわかるようにしなければならないと思う。

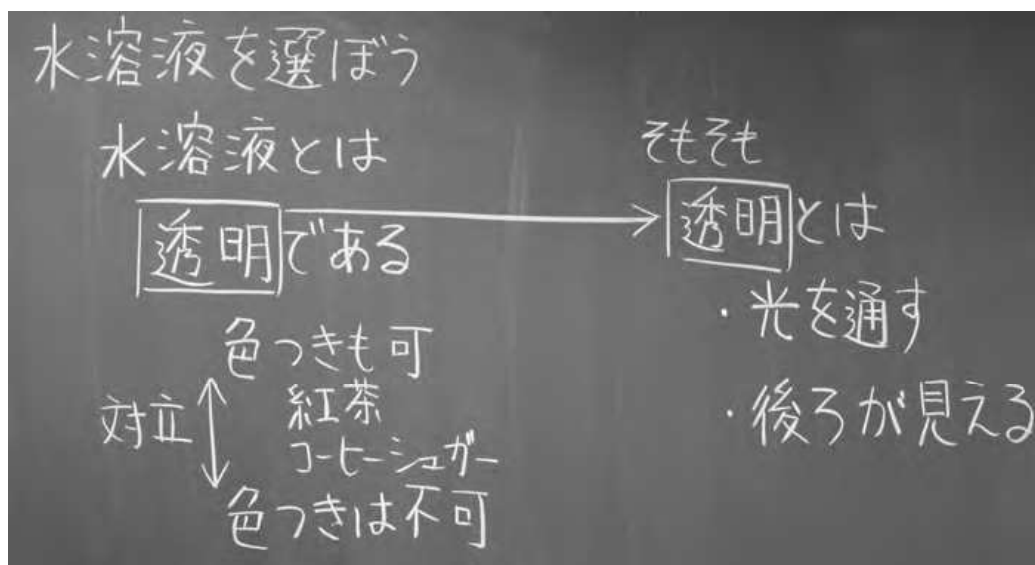


図6 意見と意見との関連がわかるような板書例

図6 意見と意見との関連がわかるような板書例のように、生徒の意見がよくわかるように板書を工夫し、矢印を使って意見と意見との関連がわかるようにしなければならないと思う。私にとって板書は単に教師が生徒に教え込む物としてしか扱ってこなかった。板書は生徒同士の話し合いがどこまで進展したかわかり、生徒の理屈が引き出せるような形にしなければならないと感じた。

2-2. 話し合いの論点の焦点化

先に述べたようにプレート・水深の浅いと深いで9月実践の第2時で「浅い」、「深い」が異なった状況理解されていることを述べた。その後、生徒同士の話し合いになっていった。教師に対する生徒の指摘で述べたように教師は生徒の話し合いに対応できていなかったのだが、なぜ、生徒同士の話し合いになっていったのかを授業記録から見てみよう。

2-2-1. 生徒の関わり合い

第1時ではこの単元を通した疑問に対して、プレートの動きが関係あるのではないかとこのころまで話が進んだ。

第2時では、プレートがどのようなようになったときに津波が起こりやすいかを各班の代表者が発表した。その発表後の生徒同士の話し合いの中で、抽出生徒のKN君とTYさんの授業記録を以下に示す。

9月実践第2時の授業記録

- T204 じゃあ、震源が深かったら絶対津波が起こるので良かったかな。
- TY205 場合によると思う。
- T206 場合による。じゃあ、どんな場合による？はい、KN君。あ、どうぞ。
- KN207 あの一、プレートが深くても、その、振動さえしなければ、問題はないと思います。
- T208 だそうです。どう、みんな？プレートが深くても振動しなかったら、
- KN209 意味はない。
- T210 意味がない。
- KN211 だったら、
- T212 はい、だったら。
- TY213 はい、質問。
- T214 だったら、
- KN215 あの一、その、振動するのって、なぜ振動するんですか。
- TY216 逆に聞きます。
- T217 なぜ、振動するか。じゃあ、TYさん。
- TY218 逆に聞きます。どうやって、振動せずに上に上がっていくんですか。もとに戻るんですか。それを教えてください。
- KN219 振動というのは、
- T220 じゃあ、その大きさは、どれくらい？はい、一回静かにして。はい、じゃあ、KN君。
- KN221 何か、その、プレートが何か潜り込んでいるんじゃないと思うんです。まあ、考えとしてあるんですけど。潜りっぱなしだったらプレートか何か、
- TY222 いつか害れますよ。
- KN223 だったら、
- TY224 いつか害れて、それが直下型地震になる。で、それが阪神淡路大震災。
- KN225 だったら、それはつまり、海水が限られているんじゃないですか。
- TY226 何て言いました？
- KN227 海水が限られているんじゃないでしょうか。
- TY228 限られている？
- KN229 海水が。
- TY230 そんな頻繁に地震って起こりますか？

このようにKN君とTYさんを中心にして生徒同士の話し合いが行われていった。

2-2-2. 考察

生徒同士の話し合いは二人の話し合いがきっかけであったが、教師が話し合いを発展させたわけではない。たまたま、二人の論点が「プレートが上がるときに振動するか、振動しないか」に焦点化したからではないかと思われる。

上記のようにKN君とTYさんが中心となった生徒同士の話し合いにより「震源が浅く、地震の規模が大きいと津波が起こりやすいのではないか」というところまで話が進んだ。この話し合いが行われる前と話し合いが行われた後の二人の記述を以下に示す。

	第1時終了後の記述	第3時終了後の記述
KN君	津波の起きる地震は威力の強い地震（揺れの大きい）プレートのバウンドの大きさ。津波の起きない地震は威力の弱い地震（揺れの小さい）プレートのバウンドの大きさ。	震源は浅い海で地震のゆれの強さに関係なく起きる。なぜなら、強く揺れても強く揺れなくても地震が起きるから。津波は震源が浅い海で地震のゆれの強さに関係しない。
TYさん	津波の起きる地震は震源地が深い。津波の起きない地震は震源地が浅い。	海の方で浅いところで揺れると津波が起きる。地震のゆれ（マグニチュード）が大きい方が起こりやすい。※マグニチュードは数字が1大きくなると地震のエネルギーは32倍になる。

KN君は第2時の話し合いで地震のゆれの大きさは津波の発生に関係がないという意見だったので、地震のゆれの強さに関係ないと記述している。一方、TYさんは津波の起きる地震は震源が深い方が津波が起こりやすいという誤った記述であったが、話し合いを通じた後の第3時終了後の記述では、震源が浅い方が良いことに気づき、さらに、自分で調べたマグニチュードのことまで記述している。

一方で、9月実践の第2時では浅いと深いが異なった状況理解のまま生徒が話し合っていた。教師はこのとき、生徒同士の話し合いができて喜んでいたが、授業記録を分析すると話し合いではなく、互いに異なった状況理解での発言を言い合う、つまり、混乱状態だったのではないかとと思われる。この時間ではたまたま、KN君とTYさんが中心になっていた。しかし、教師がもっと早い段階で浅い・深いが異なった状況理解されていることに気づき、板書で生徒に示していたら、

プレートに関する予備知識がある生徒も、予備知識がない生徒も自由に発言できたのではないかと悔やまれる。教師は生徒の発言の意図を素早くくみ取り、論点がかみあっていないと感じたときは、黒板を使って、整理し、なるべく多くの生徒が話し合いに参加し、その発言によって、疑問が解決されたという充実感をもたせていきたい。

おわりに

本実践研究の目的であった理科好きの生徒を育てるために、従来の授業では考えられなかった自ら実験を考える授業づくりや探究的な学習に挑戦した。教師が教え込む授業からの脱却として教師は、生徒に実験方法を考えさせたり、生徒同士で話し合わせて疑問を解決するような取り組みをした。11月実践第1時の指導案では生徒の話し合いになるような計画を立てた。指導案には指導上の留意点として、「生徒の意見を板書する」と記されていた。実際の授業では、教師の計画通り、生徒同士の話し合いになった。教師は今までに生徒同士がやりあう姿を経験したことがなく、その姿に共感を覚え、教師は授業者から完全な観察者になってしまっていた。そのとき、第2節で述べたように、KZ君の発言「黒板に書いて、それがみんながそれだと思うかを。そうしないと、終わらない。」の発言を聞き、我に返ったのである。このような問題はあったが、今年度は教師が観察者としての視点をもつことで、生徒の発言数が増え、話し合いになるようになってきたと思われる。次の段階として、教師が生徒同士の話し合いに対応し、生徒の意見を板書し、交通整理をし、場合によっては補足をする。そして、生徒自らが問題を解決していくという姿勢で臨ませたい。

新学習指導要領では「学校や生徒の実態に応じ、十分な観察や実験の時間、課題解決のために探究する時間などを設けるようにすること。その際、問題を見だし、観察、実験を計画する学習活動、観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動が充実するよう配慮すること。」⁶と書かれている。

本年度は実験を計画し、実験をするところまでで終わってしまったが、次年度からは、実験結果を図、表、グラフなどで表し、科学的な概念を使用して説明したりする学習活動を取り入れ、理科における言語活動の充実の一環にしていきたい。

たまたま、平成16年度に校内で行われた「認めて伸ばす授業」をテーマに行われた研究授業の反省会における文章を読み直してみた。すると、そこには、

- 「・教師の発言が多すぎました。
- ・教師がべらべら話す教師主体での授業となっていました。
- ・指導案には「生徒の意見をそのまま書く」とあるが、生かすことができなかった。
- ・指導案通りに、しかも、時間通りに終わらせるために、生徒が一人しか挙手していないのに、先に進んでしまう場面もあり、生徒主体の授業とは言えない面もあった。」⁷

と書かれていました。あれから7年が経過したが、当時と何も変わっていないことが分かり、情けなく思った。

この1年間、中等教育研究部に所属し、研究をしてきました。この1年を無駄にしないよう、今後も日頃の授業の中で「探究的な学習」を導入し、待っていれば、教師が答えを教えてくれるという雰囲気を打破し、自らが探究的な学習をしたくなる理科好きの生徒をひとりでも多く育成していきたい。そして、今度こそは確かな一歩を踏み出していきたい。

¹ 文部科学省 学習指導要領 第1章総則第4の2(1)を参照。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/sou.htm

² 中央教育審議会 教育課程部会におけるこれまでの審議のまとめ(平成19年11月)を参照。

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/07110606/001.pdf

³ http://www.geocities.jp/don_gui131/の図を使用。

⁴ IPA「教育用画像素材集サイト」 <http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/>の動画をキャプチャし、文字を入れた。

⁵ IPA「教育用画像素材集サイト」 <http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/>の動画をキャプチャし、文字を入れた。

⁶ 文部科学省 中学校学習指導要領 第2章 各教科 第4節理科を参照。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/ri.htm

⁷ 星城中学校 平成16年度授業実践の記録 ～認めて伸ばす授業の方法を求めて～ 第2号 P.15を参照。